

# ОСРЕДНЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ПЛАНЕТНОЙ ЗАДАЧИ В ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЕТА

**Д. В. Микрюков**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

Выполнено осреднение уравнений движения двупланетной задачи до второго порядка по возмущающим массам в гелиоцентрической системе отсчета. Использована комплексная форма канонических элементов Пуанкаре. Разложение возмущающей функции построено при помощи коэффициентов Лапласа. Осреднение выполнялось методом Хори—Депри. Результаты настоящей работы легко обобщаются на случай исследования движения произвольного числа  $N$  планет.

## AVERAGING OF THE PLANETARY PROBLEM EQUATIONS IN THE HELIOCENTRIC REFERENCE FRAME

**D. V. Mikryukov**

*Saint Petersburg State University*

Averaging of the planetary three-body problem equations in the heliocentric reference frame is realised. The complex Poincaré canonical elements are used. The disturbing function is expanded by means of Laplace coefficients. We use the Hori—Deprit method to perform an average equations of motion at order two in the planet masses. The results of the present work can be easily generalised to the case of the general planetary  $N$ -body problem.

Построение каждой аналитической теории планетного движения выполняется в определенной системе координат. Гелиоцентрические координаты [1] имеют много преимуществ перед другими широко используемыми системами.

Уравнения планетного движения представляют собой записанную в нормальной форме систему дифференциальных уравнений, правые части которой зависят сложным образом от всех фазовых переменных. В качестве последних обычно выбирают какую-либо из систем оскулирующих элементов. Этим обеспечивается разбиение фазовых переменных на группу медленных и группу быстрых переменных.

Для исследования эволюции элементов орбит на космогонических интервалах времени необходимо выполнить осреднение составленной системы по быстрым переменным. Правые части осредненной системы зависят только от медленных переменных. Это позволяет, с одной стороны, интегрировать уравнения относительно медленных и быстрых переменных независимо друг от друга, а с другой, выполнить это интегрирование с существенно большим шагом по времени. После определения изменения медленных переменных быстрые находятся квадратурой известных функций. Формулы замены переменных позволяют в итоге исследовать эволюцию оскулирующих элементов.

В настоящей работе представлен алгоритм осреднения уравнений движения  $N$  планет вокруг центральной звезды в гелиоцентрической системе координат [1]. В качестве системы фазовых переменных выбрана комплексная форма вторых элементов Пуанкаре [2]. Уравнения планетного движения в этих переменных имеют гамильтонову форму. В этом случае наиболее эффективной модификацией метода осреднения является метод Хори—Депри [3]. Разложение возмущающей функции строится методом Ласкара и Робютеля [2], использующим коэффициенты Лапласа.

Работа выполнена при финансовой поддержке СПбГУ (грант 6.37.341.2015).

## Библиографические ссылки

1. Уинтнер А. Аналитические основы небесной механики. — М. : Наука, 1967.
2. Laskar J., Robutel P. Stability of the Planetary Three-Body Problem — I. Expansion of the Planetary Hamiltonian // Celest. Mech. Dyn. Astr. — 1995. — Vol. 62. — P. 193—217.
3. Холшевников К. В. Асимптотические методы небесной механики. — Л. : Изд-во ЛГУ, 1985.